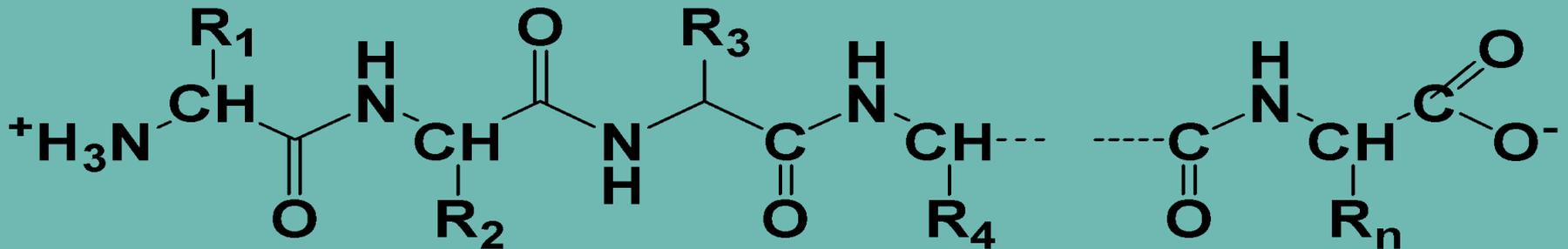


## II. Химический состав клетки



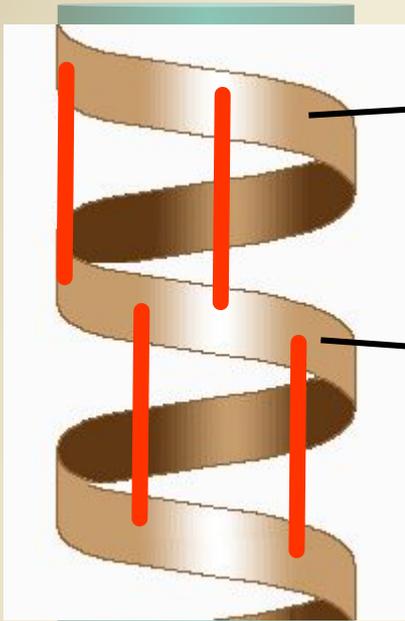
# Четыре уровня организации белковой молекулы



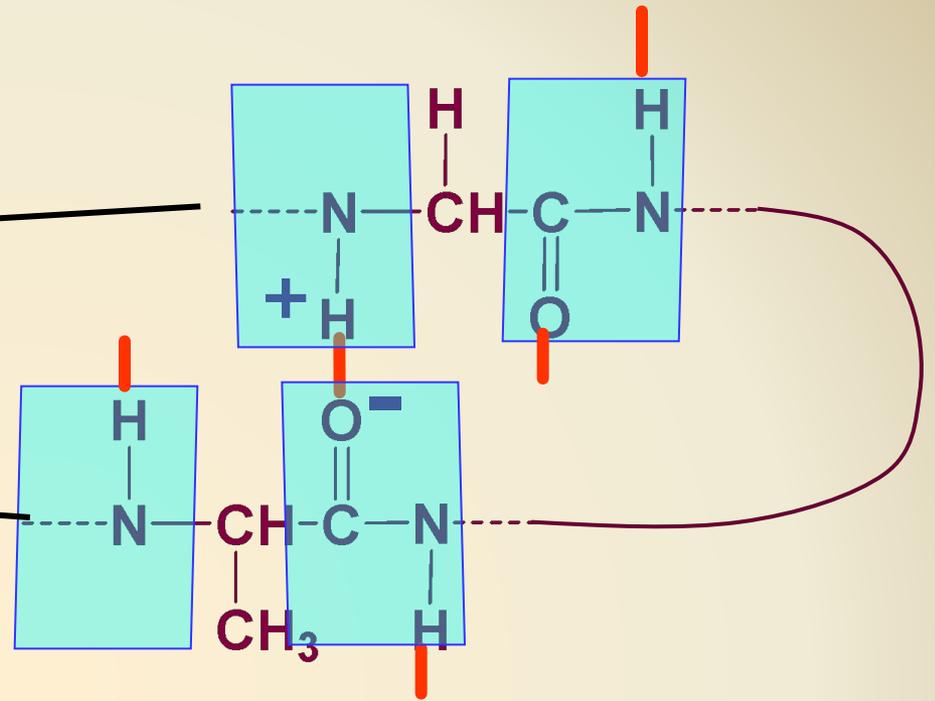
**I**

первичная структура –  
цепочка аминокислот

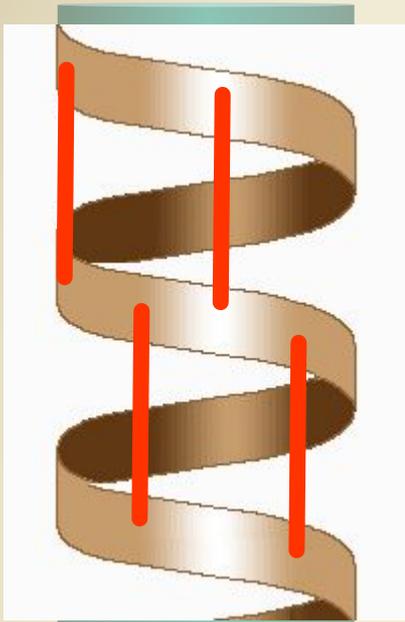
Пептидные (амидные) связи



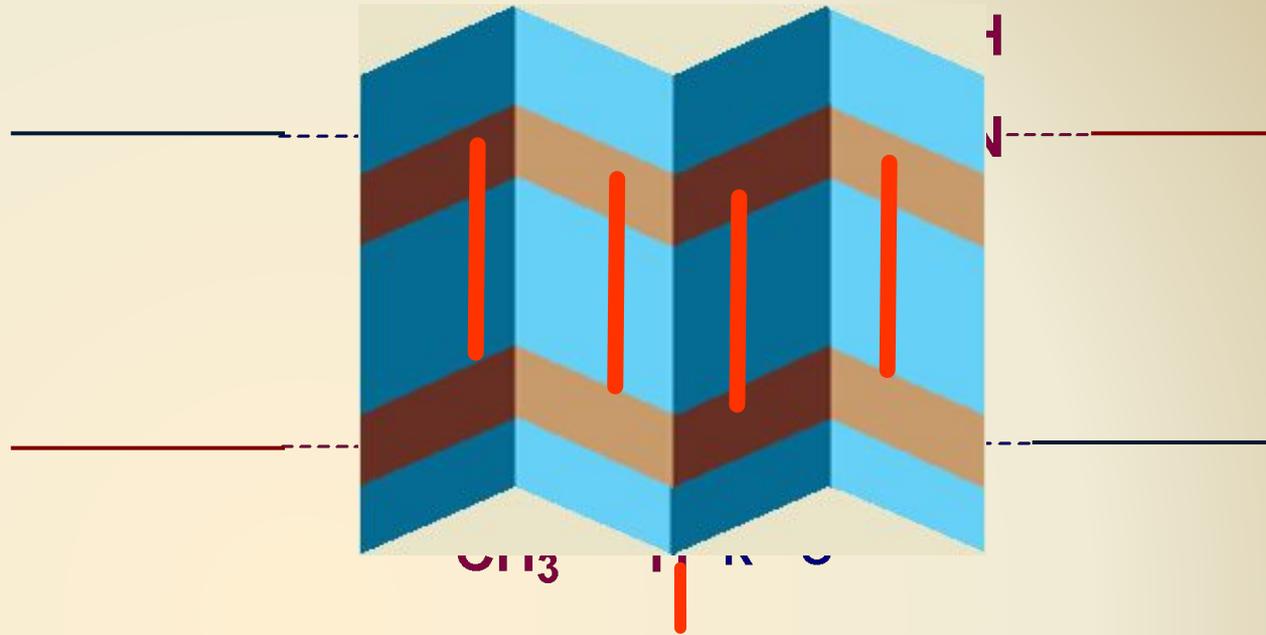
**$\alpha$ -спираль**



**Водородные  
связи**



$\alpha$ -спираль



Водородные  
связи

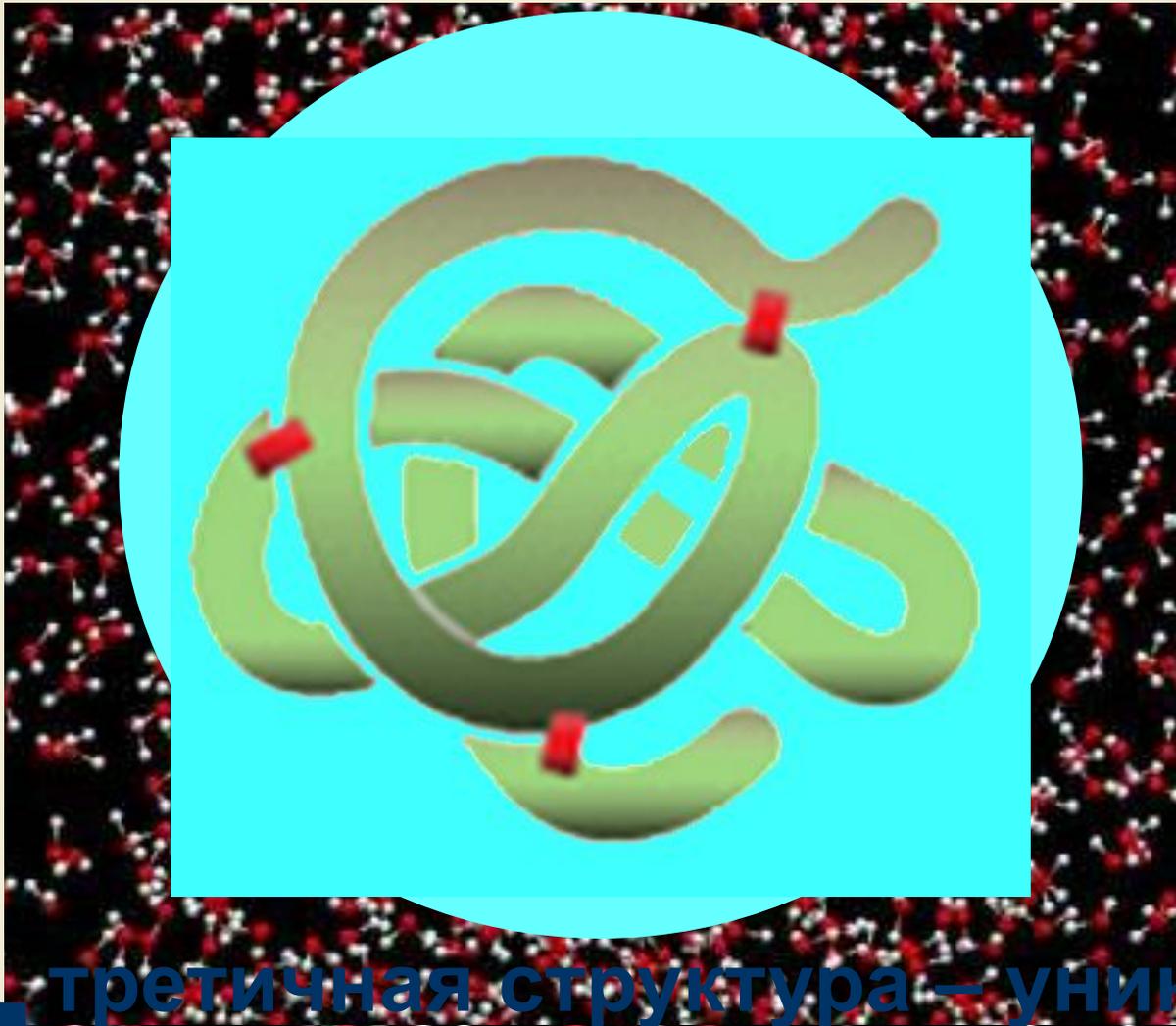
$\beta$ -слои

II

вторичная структура –  
 $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -слои

Водородные связи

# Сворачивание белка в водной среде



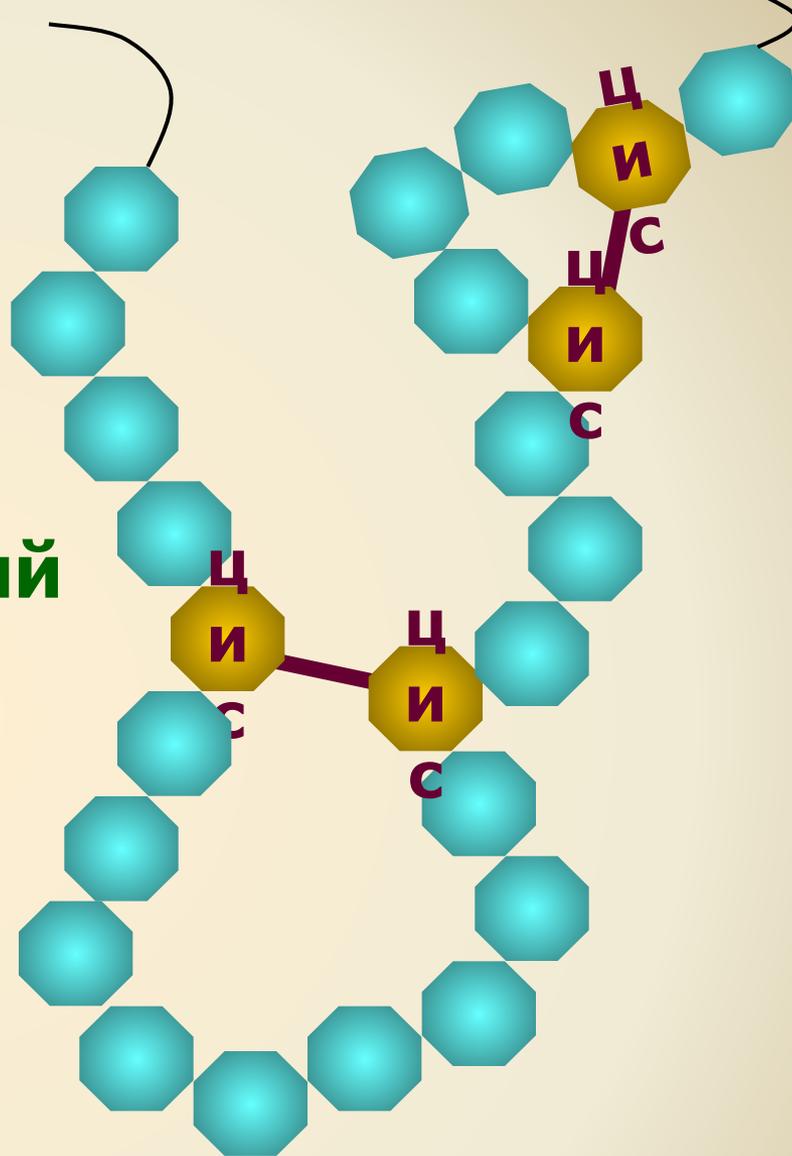
**III**

третичная структура – уникальная  
пространственная конформация  
Гидрофобные взаимодействия

**ЦИСТЕИН**



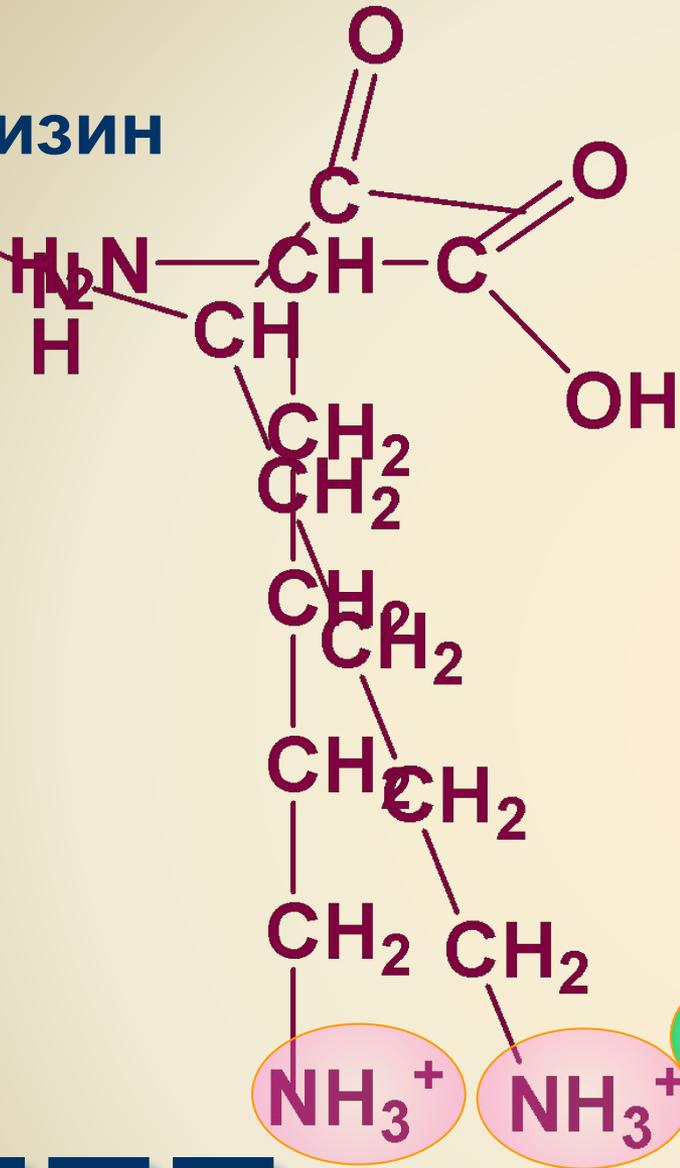
**Дисульфидный  
МОСТИК**



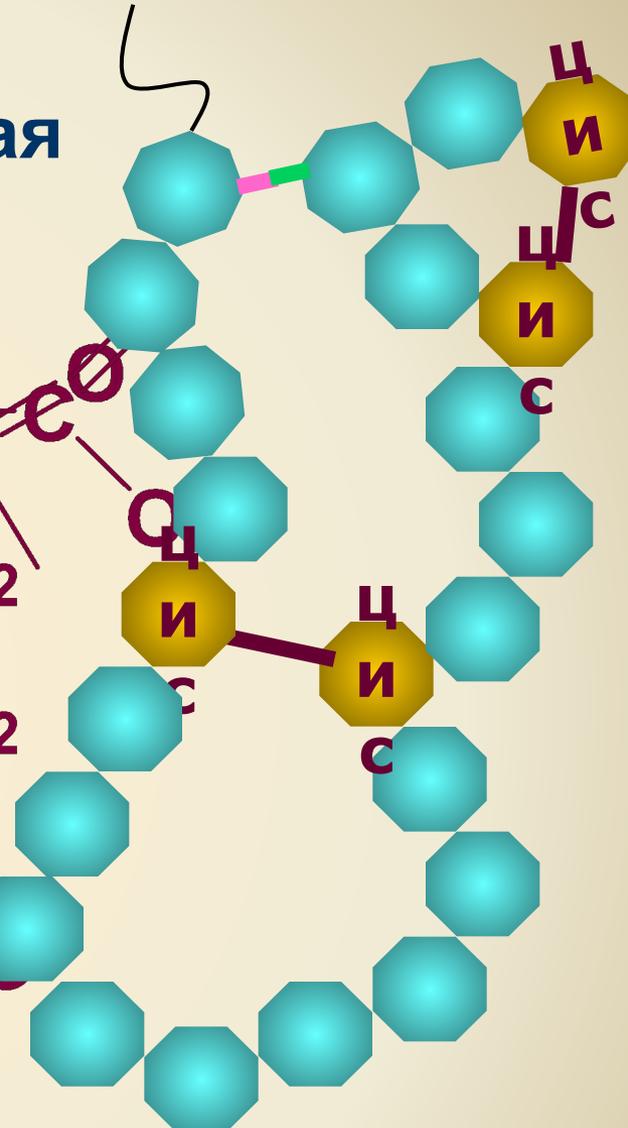
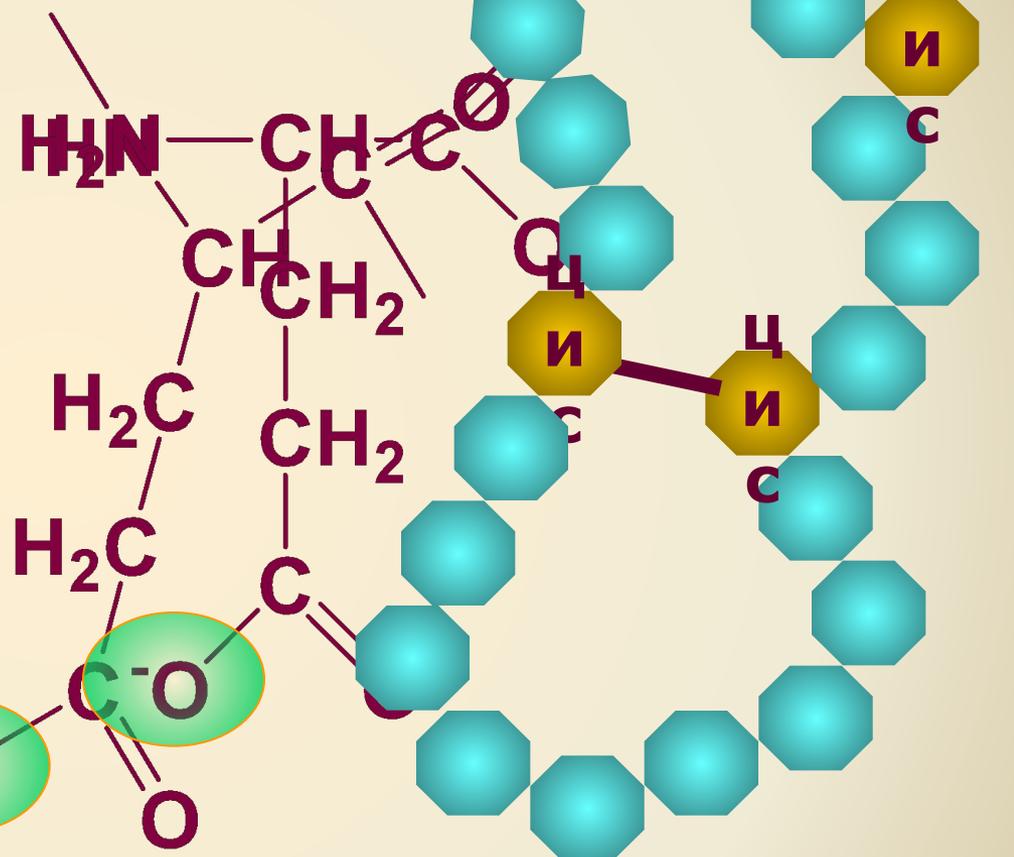
**III**

**Ковалентные дисульфидные связи**

ЛИЗИН

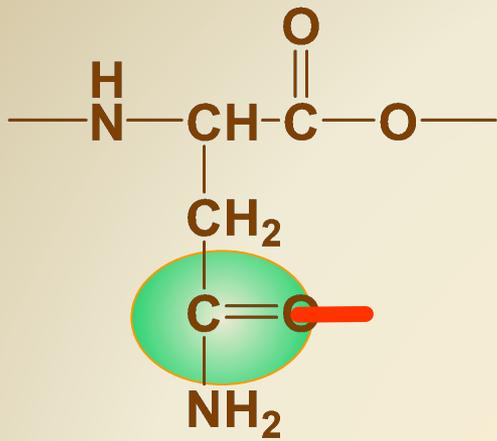


глутаминовая кислота

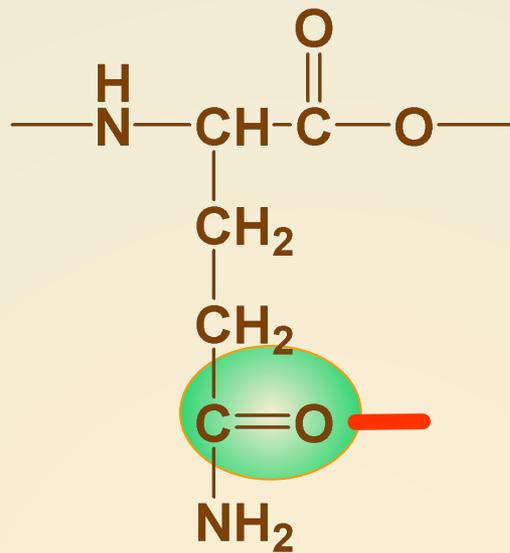


III

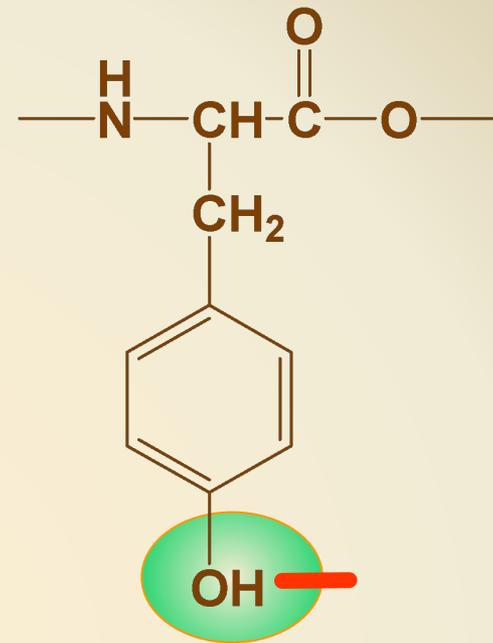
Электростатические взаимодействия (ионные связи)



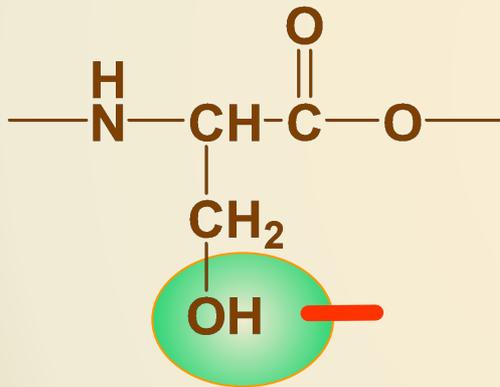
**аспарагин**



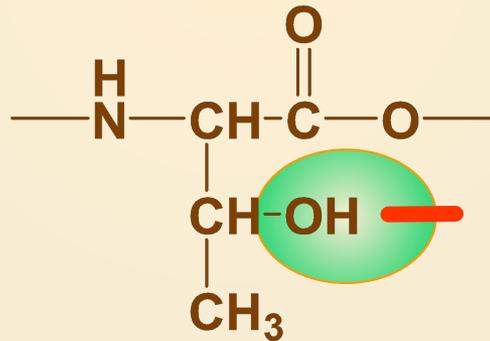
**глутамин**



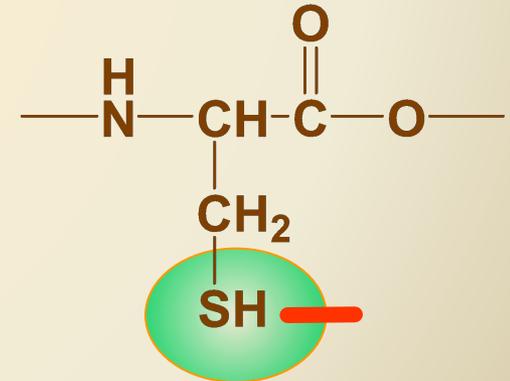
**тирозин**



**серин**



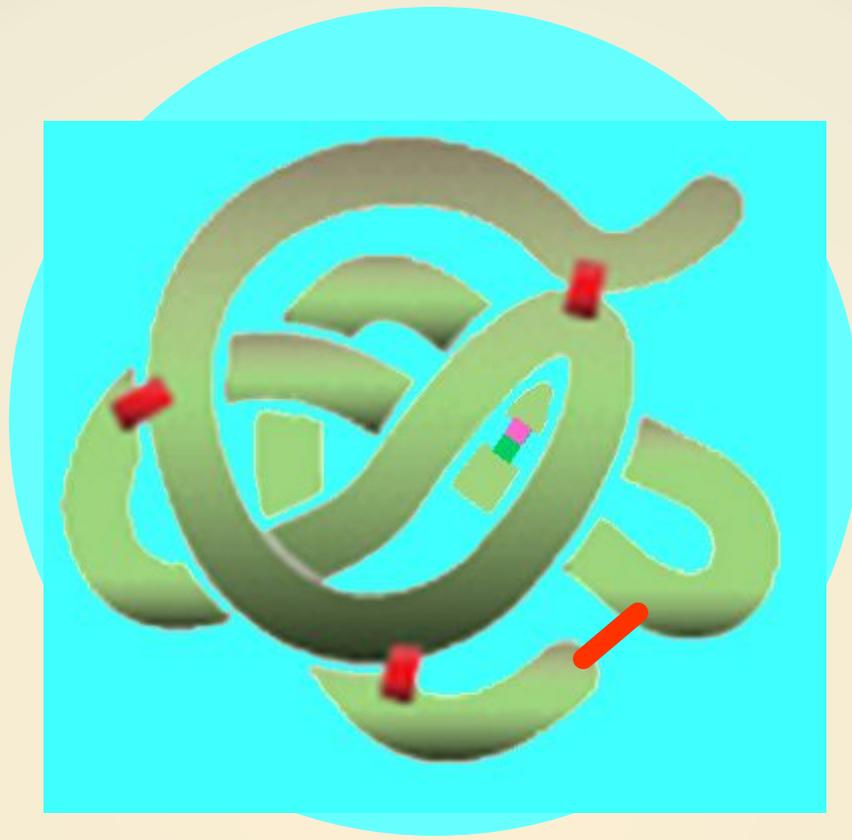
**треонин**



**цистеин**

**III**

**Водородные связи**



**третичная структура – уникальная  
пространственная конформация**

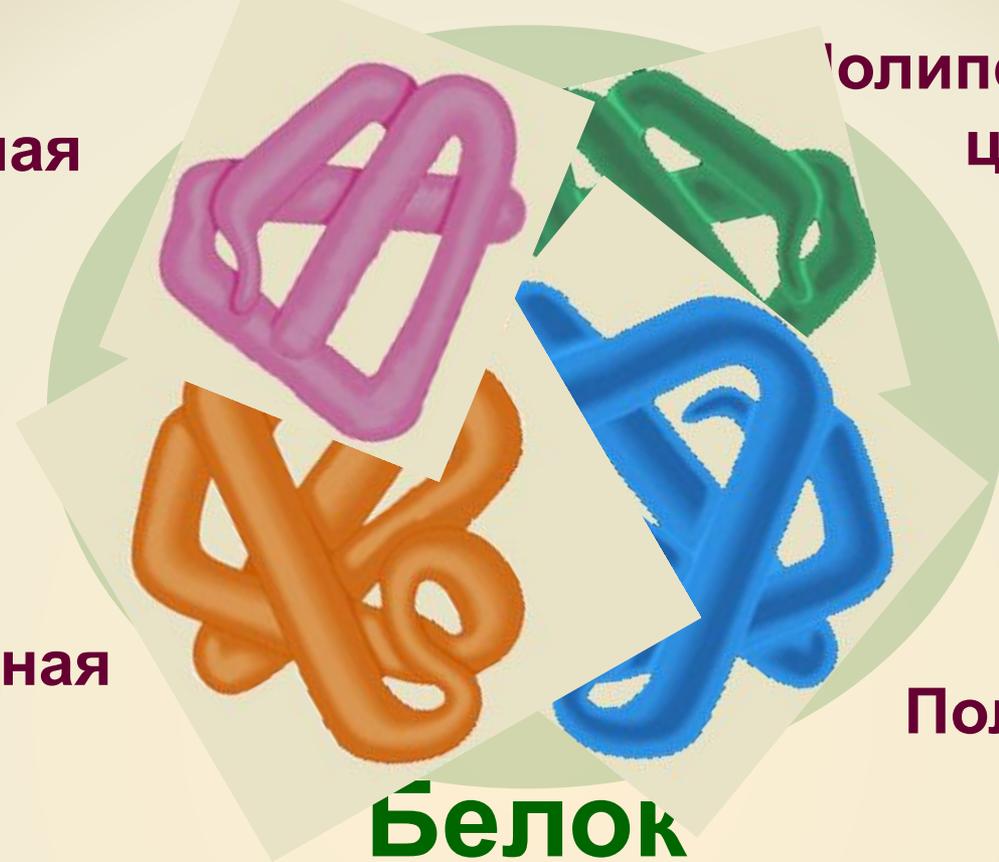
**Гидрофобные взаимодействия**

**Дисульфидные мостики**

**Ионные связи**

**Водородные связи**

**III**



Полипептидная  
цепь

Полипептидная  
цепь

**Белок**

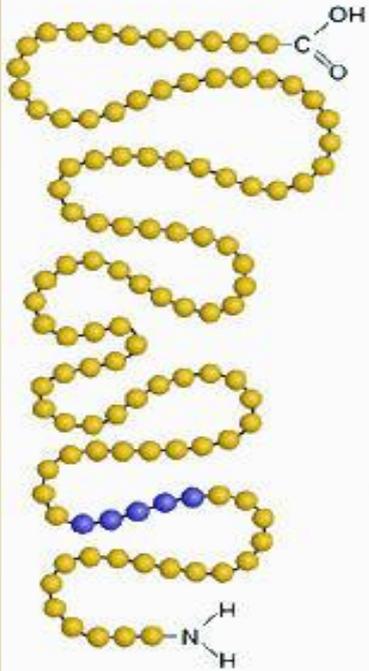
**Четвертичная структура –  
объединение нескольких  
полипептидных цепочек для  
выполнения общей функции**

**IV**

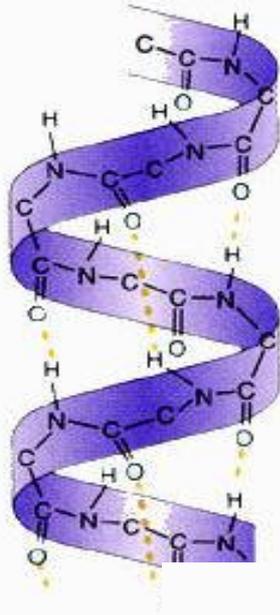
**Связи водородные, ионные,  
ван-дер-ваальсовы, ковалентные**

# Уровни организации белковой молекулы

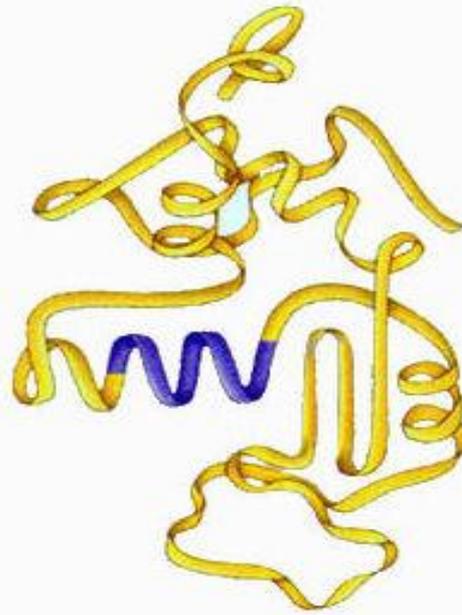
**I**



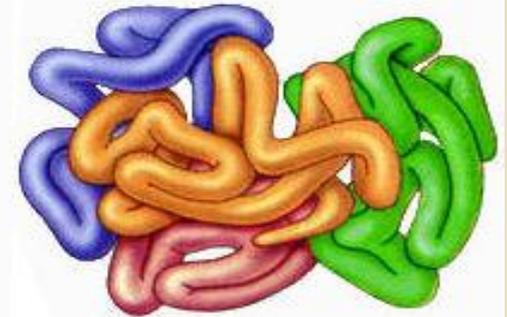
**II**



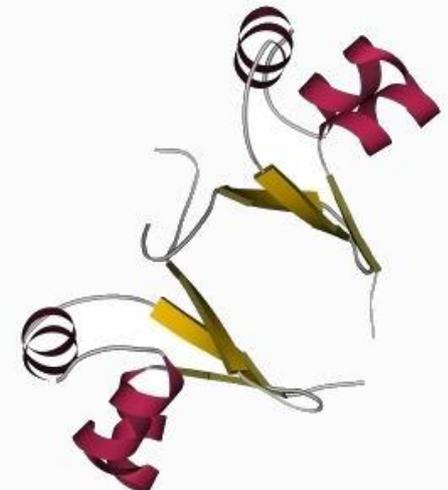
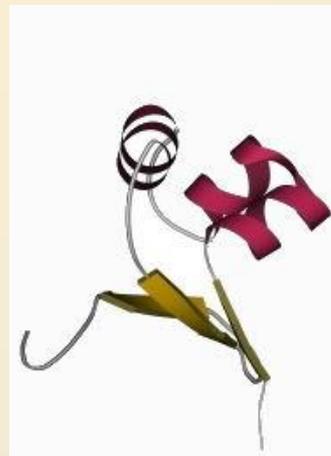
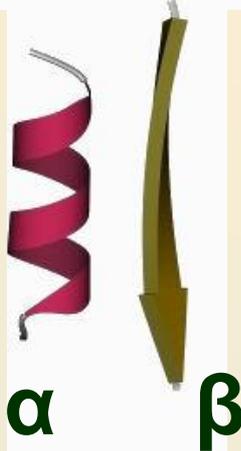
**III**



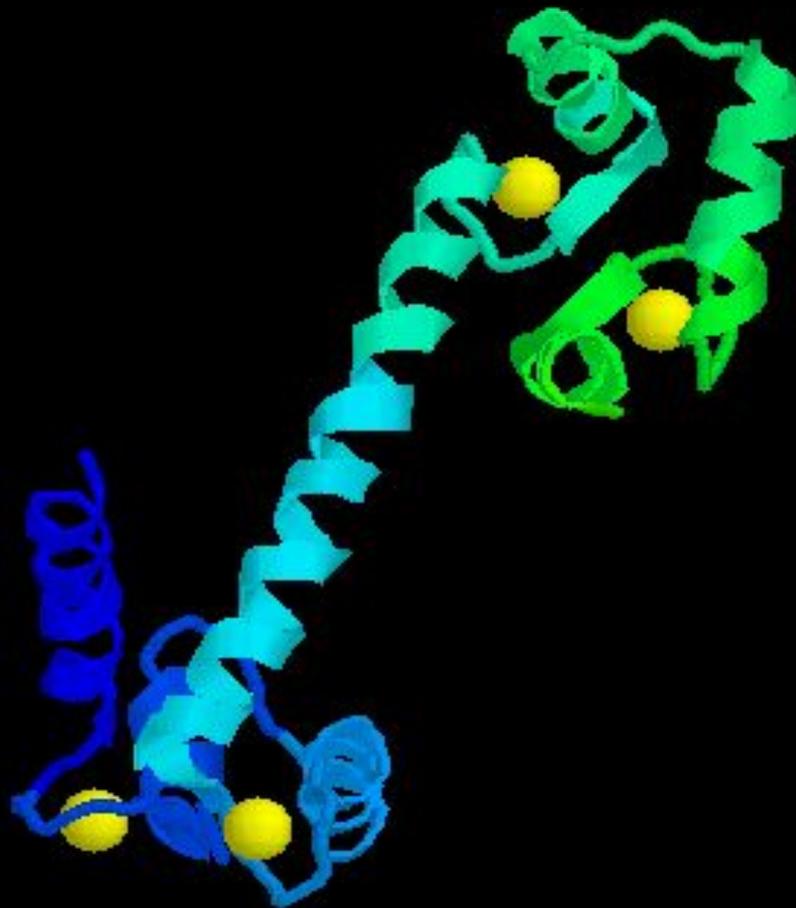
**IV**

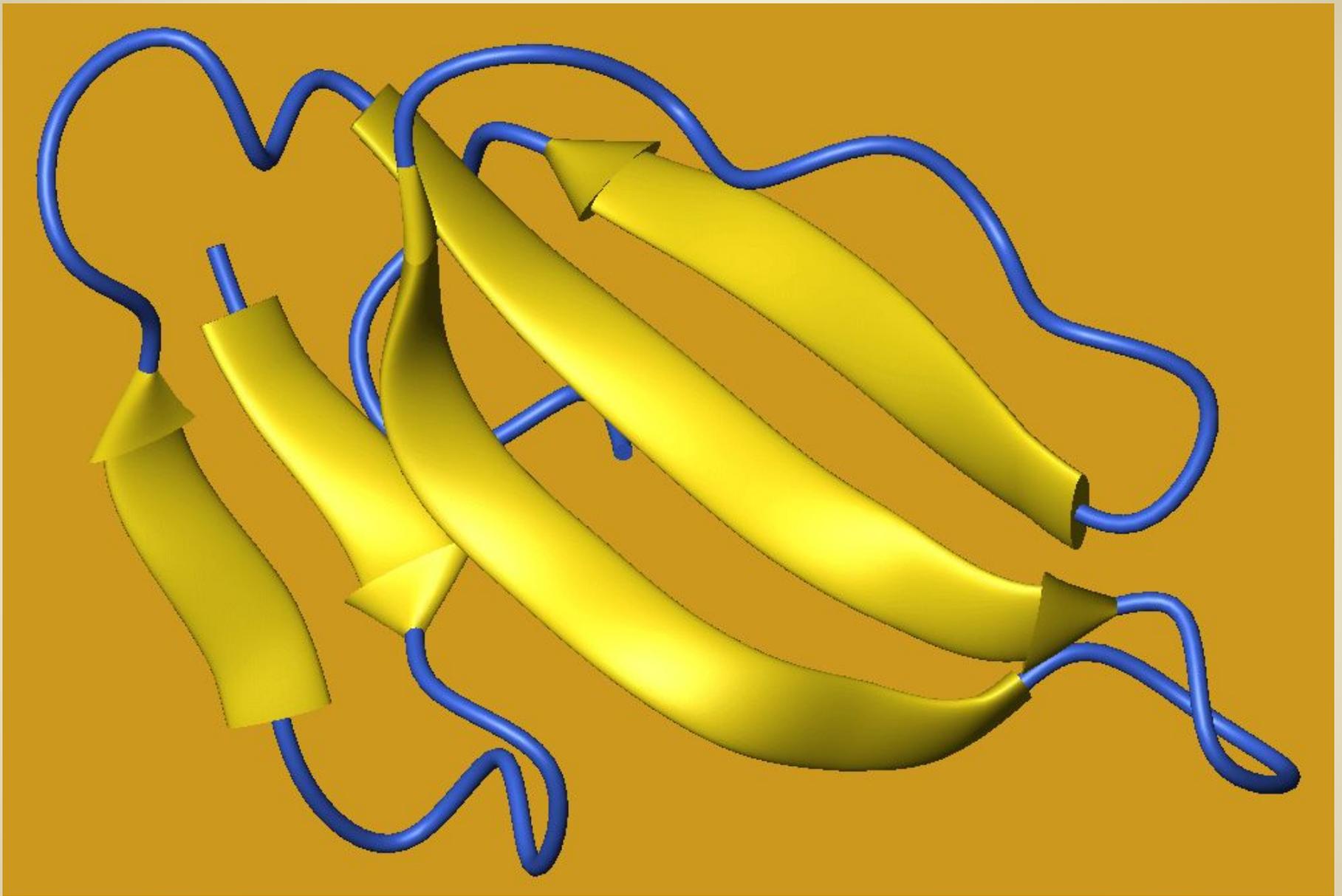


...Гли-Ала-Фен-Тир...

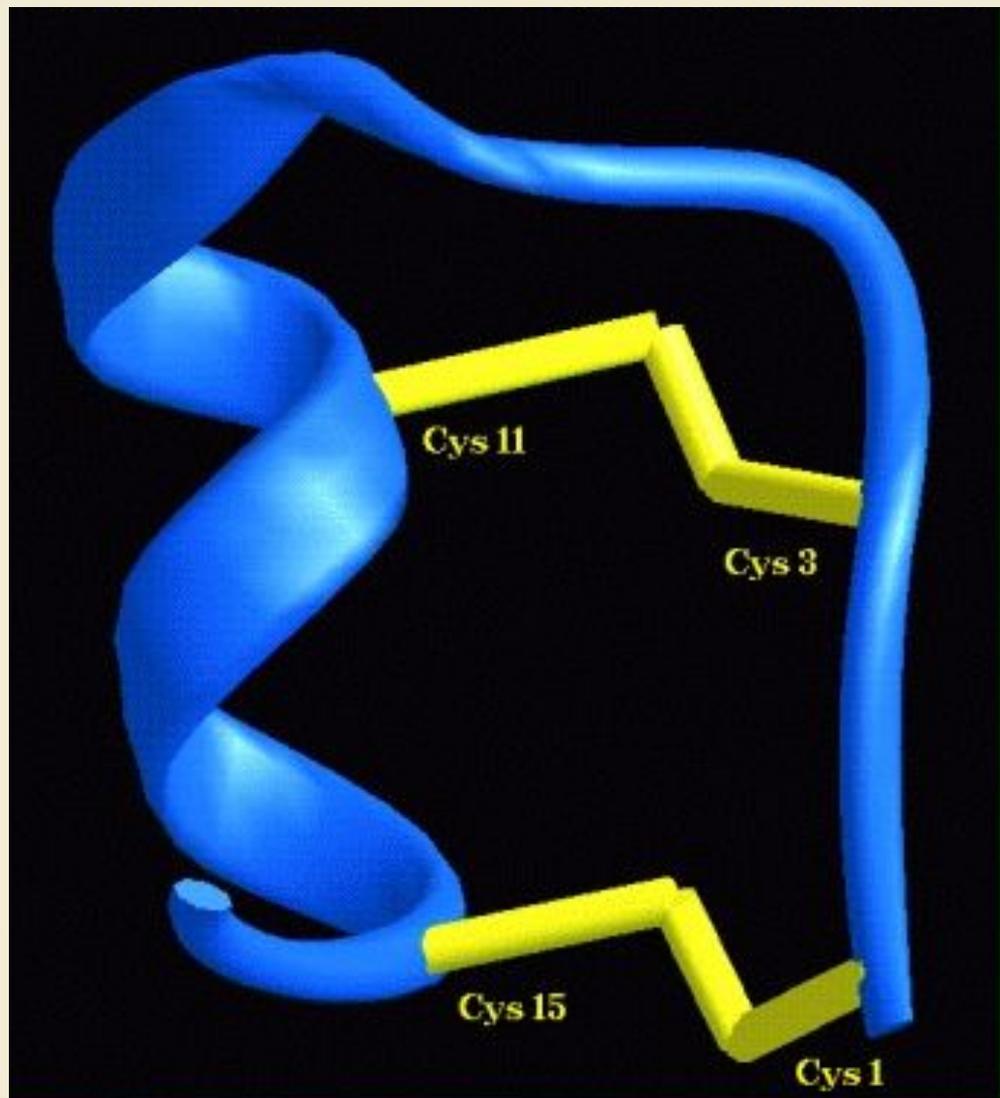


# Кальмодулин

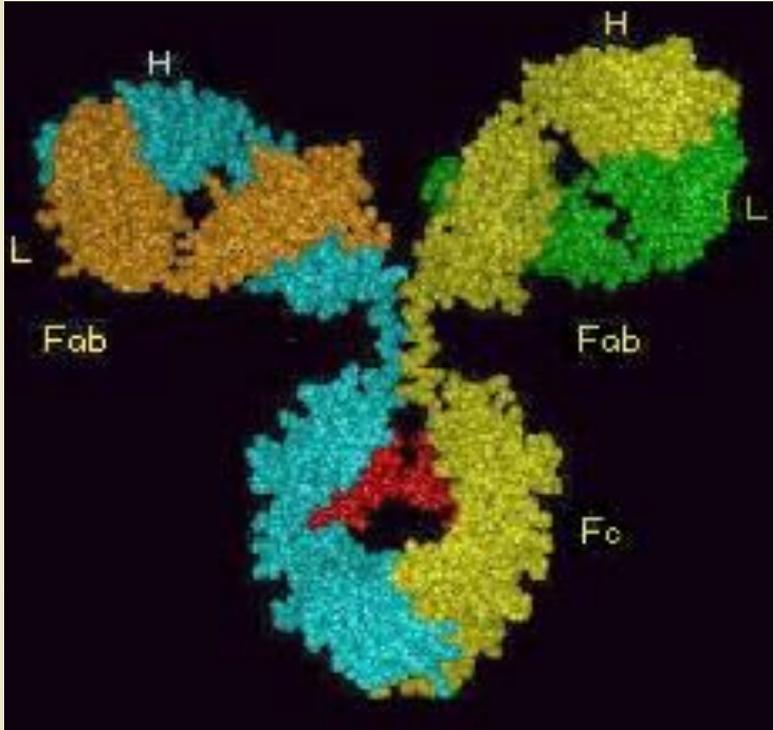




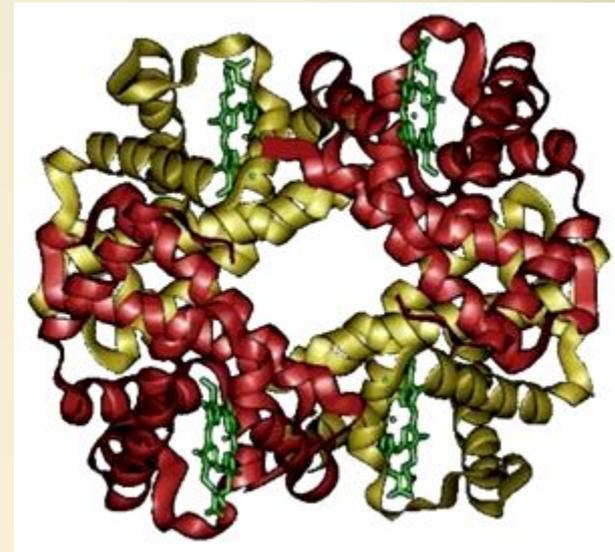
**Кардиотоксин кобры**



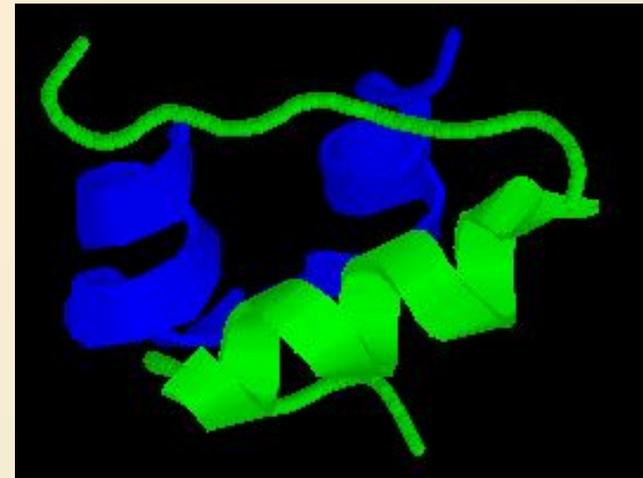
**Эндотелин**



**Антитело**



**Гемоглобин**



**Инсулин**

**Первичная структура белка** – последовательность аминокислот, соединенных пептидными связями

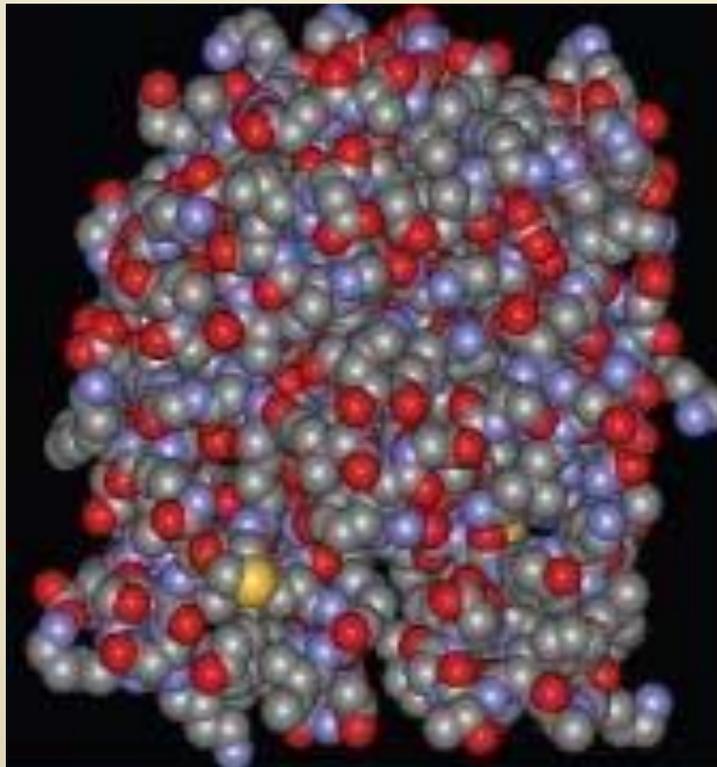
**Вторичная структура белка** –  $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -слои, поддерживаемые водородными связями

**Третичная структура белка** – уникальная пространственная форма белка, поддерживаемая гидрофобными взаимодействиями, ковалентными дисульфидными связями, электростатическими (ионными) взаимодействиями и водородными связями

**Четвертичная структура белка** – объединение полипептидных цепочек в одну молекулу для выполнения общей функции. Поддерживается водородными и ковалентными (дисульфидными) связями, электростатическими (ионными) и ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями

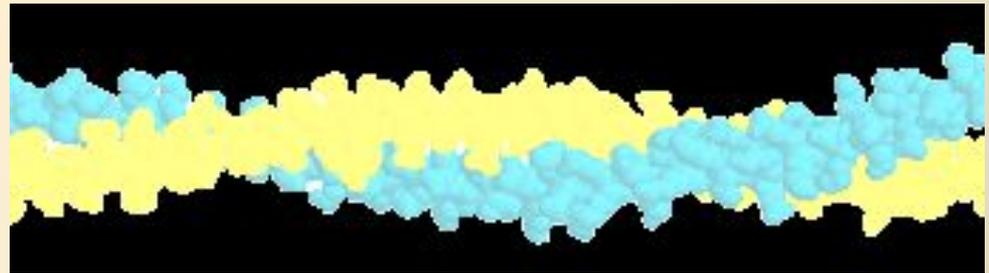
# Форма белковой молекулы

Глобулярный белок



Глобула - шарик

Фибриллярный белок

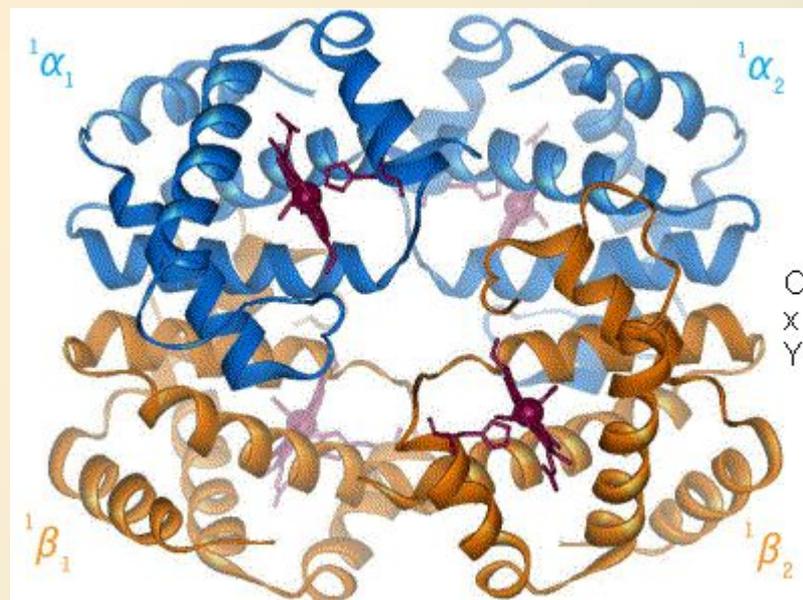
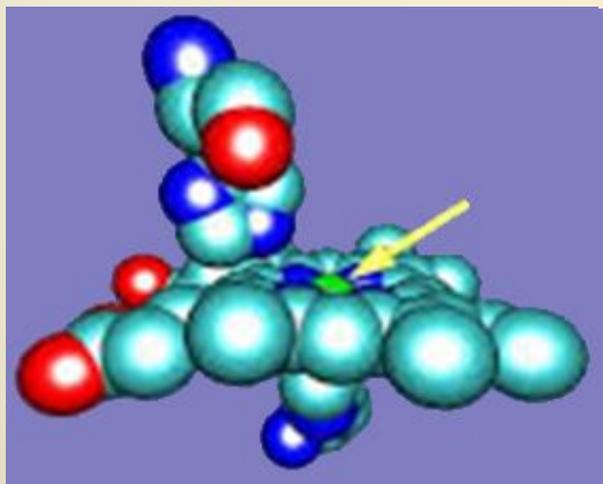


Фибрилла - нить

**Все белки  
выполняют свои функции  
за счет своей трёхмерной формы –  
конформации**

**Нативная** конформация –  
природная, неповрежденная

**Если к белку что-то  
присоединится, он изменит свою  
третичную структуру!**



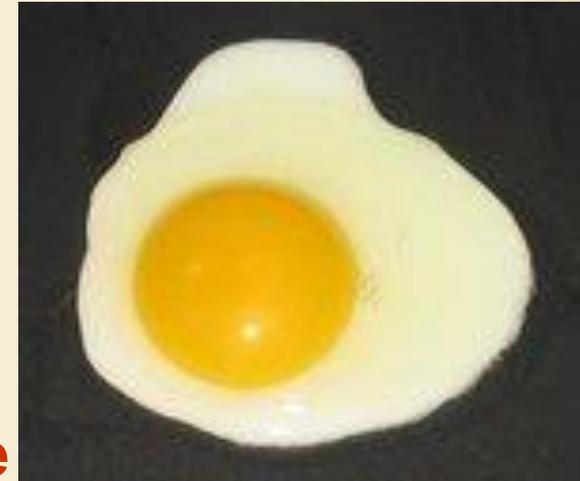
**Гемоглобин**

# Денатурация



# Денатурация

нарушение нативной третичной и четвертичной структуры белка



обные  
лы

**Необратимая денатурация**



**Изменение температуры**  
**Изменение ионной силы раствора**  
**Изменение pH**

**Все белки  
выполняют свои функции  
за счет своей трёхмерной формы –  
конформации**

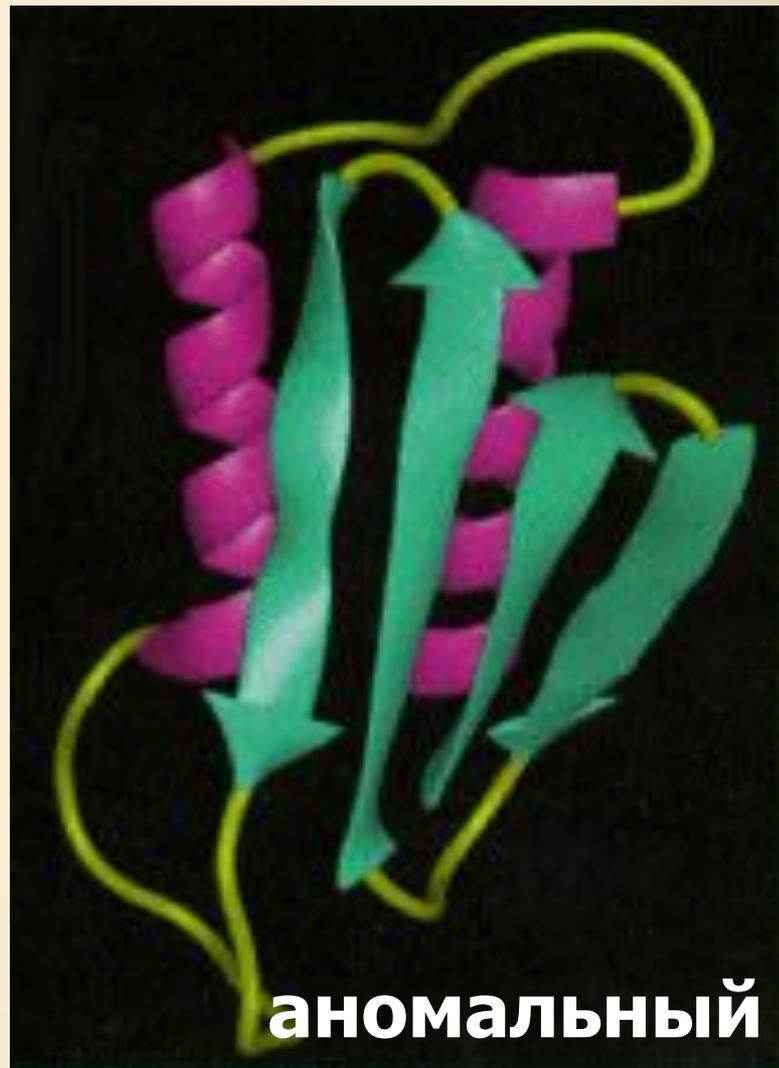
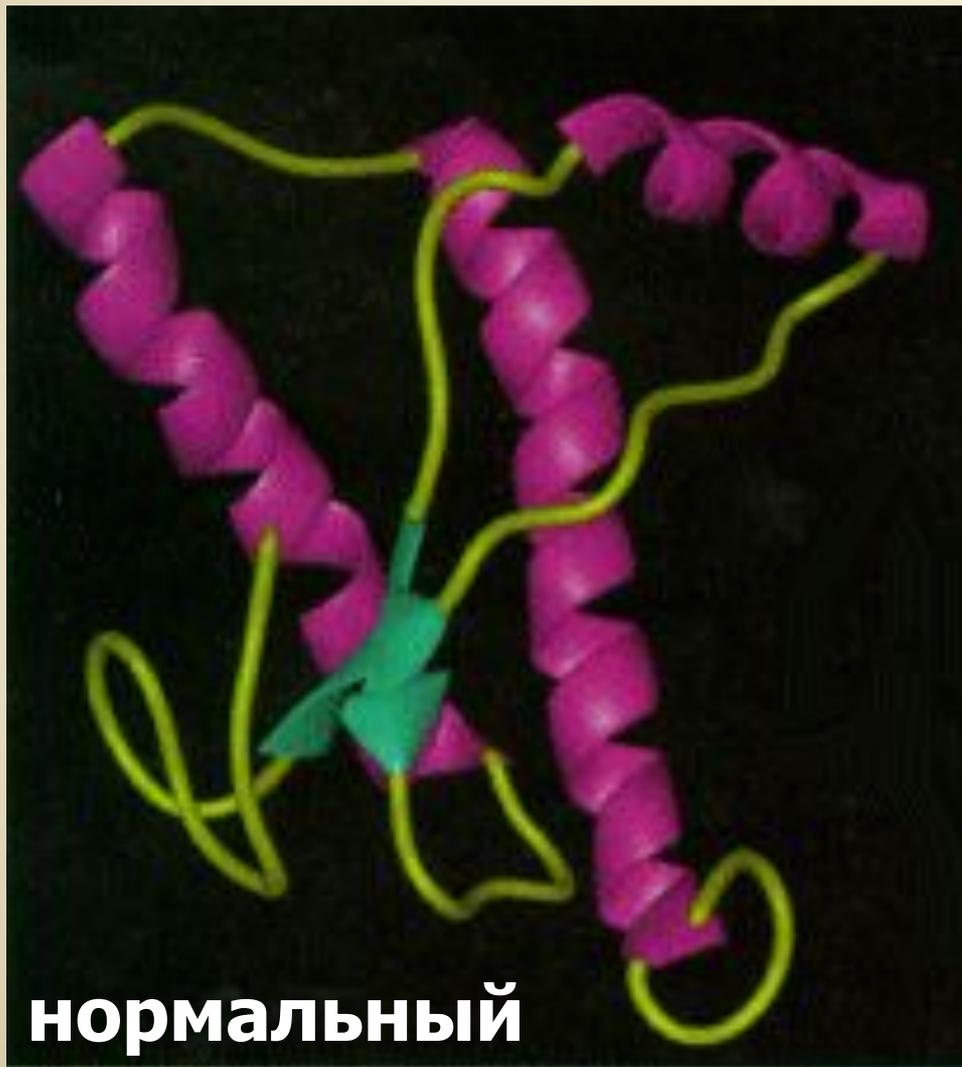
**Денатурация  
лишает белок своей**



**Денатурация  
белков!**

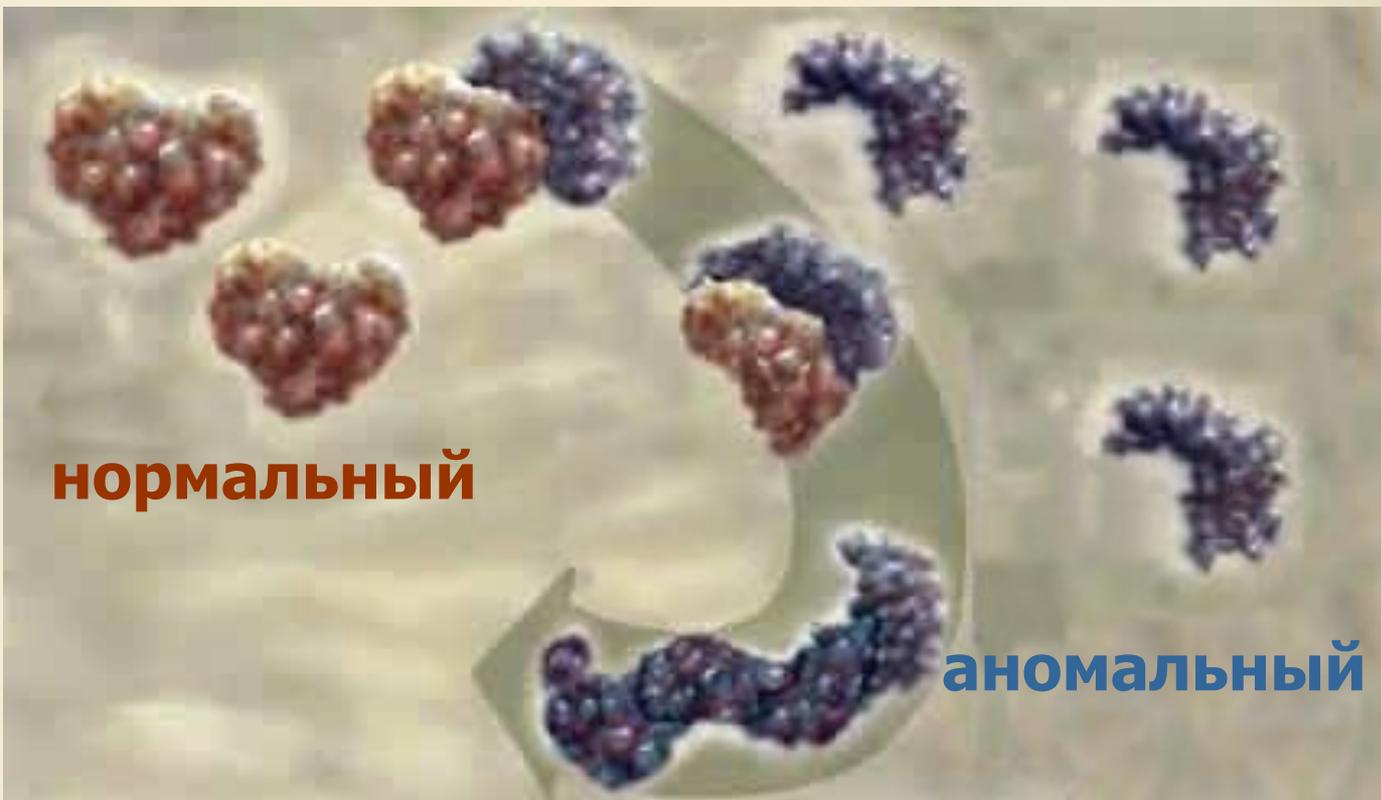
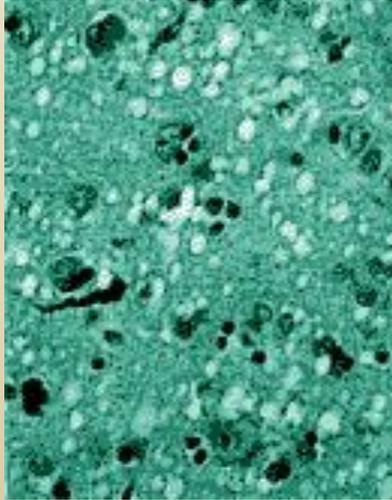
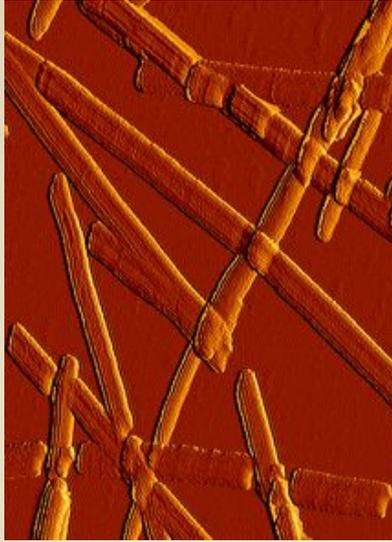
# Нарушение вторичной структуры

## Прионные белки



# Нарушение вторичной структуры

## Прионные белки



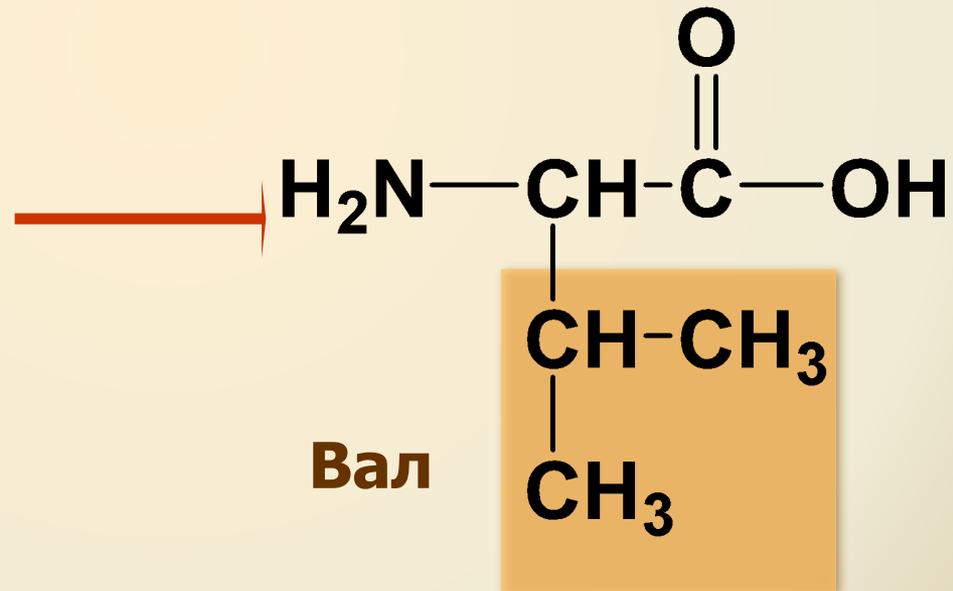
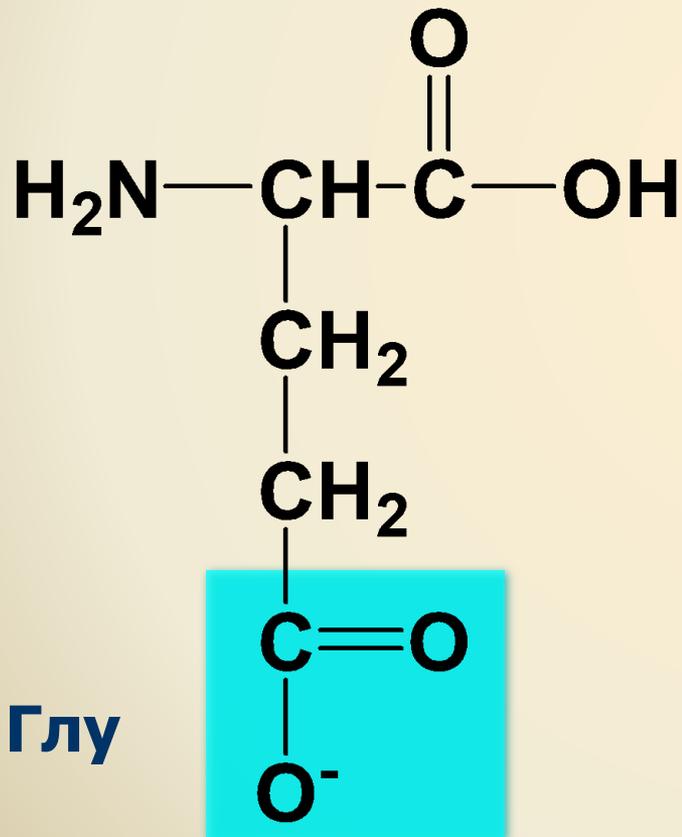
нормальный

аномальный

# Нарушение третичной структуры

## Серповидноклеточная анемия

### Гемоглобин



Гемоглобин S

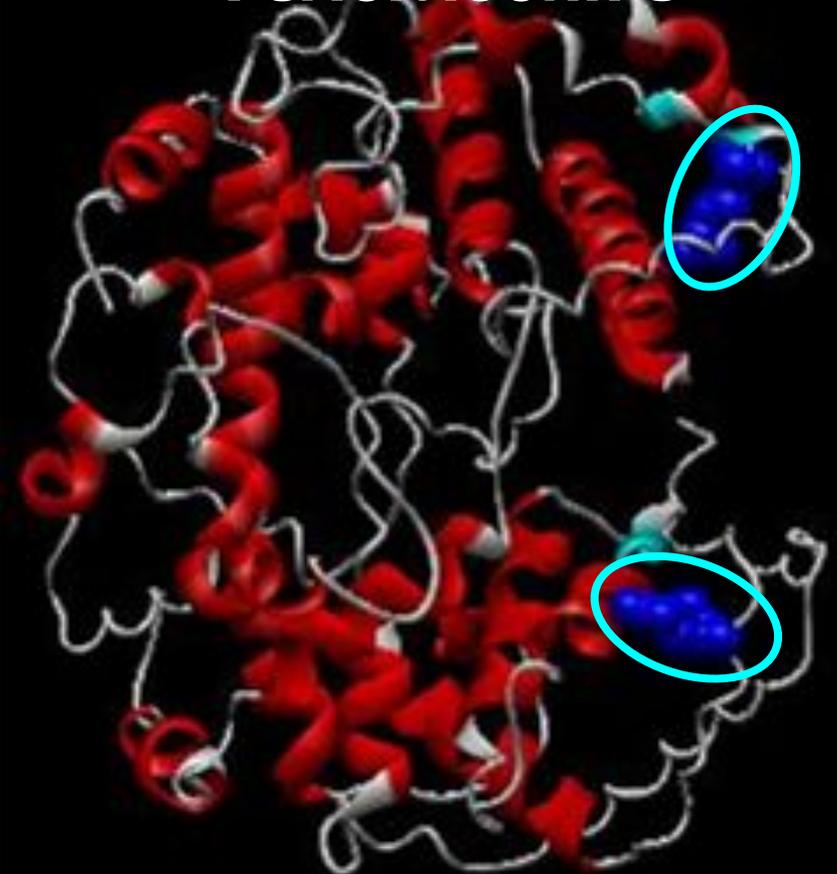
# Нарушение третичной структуры

## Серповидноклеточная анемия

Нормальный гемоглобин



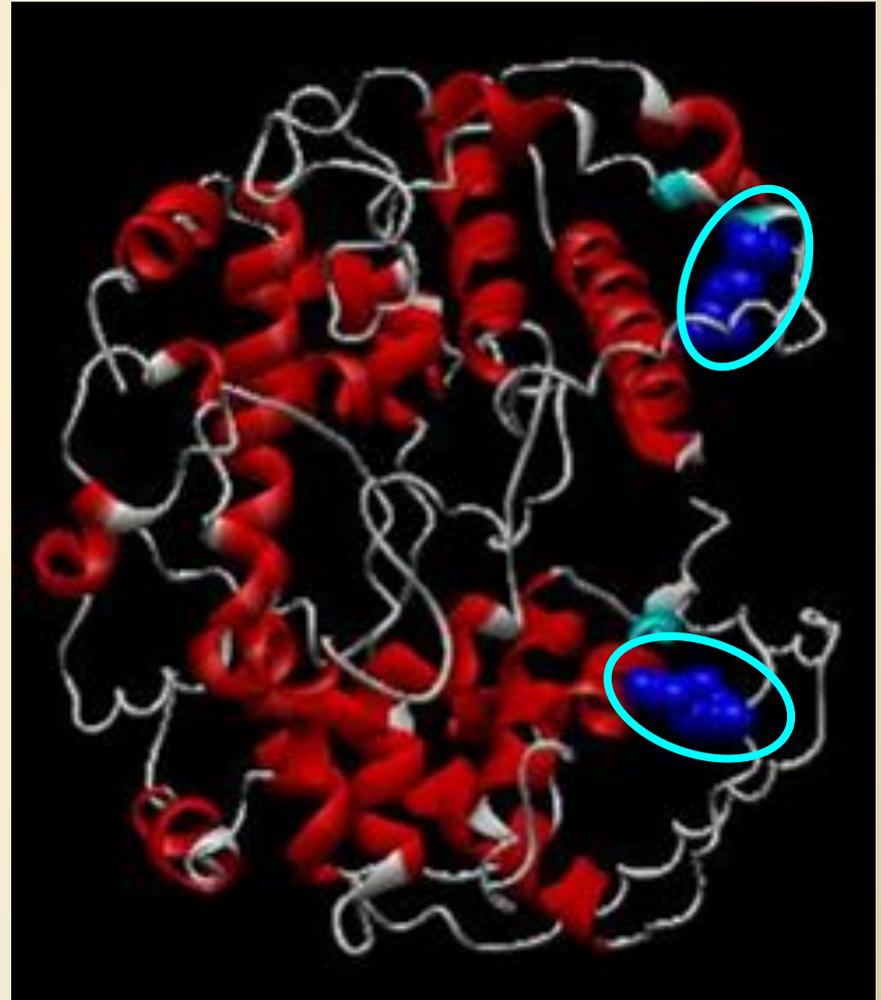
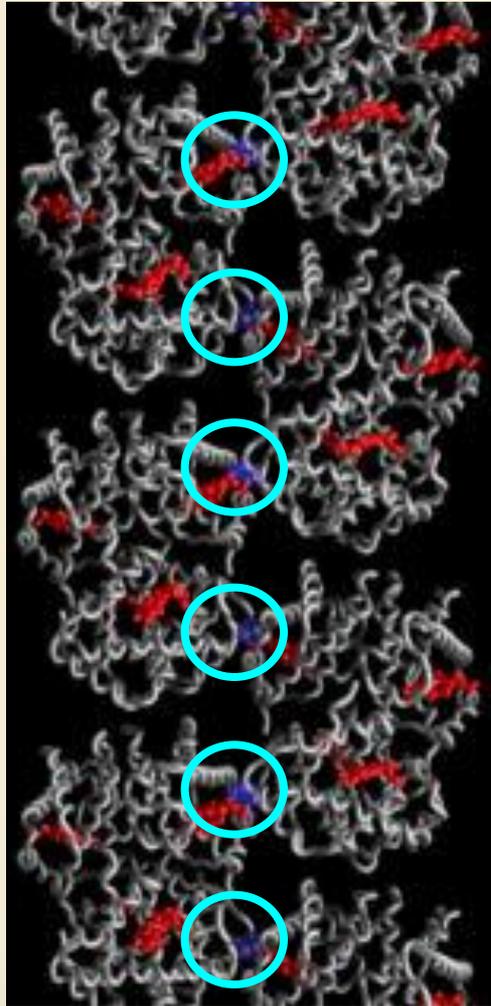
Гемоглобин S



# Нарушение третичной структуры

## Серповидноклеточная анемия

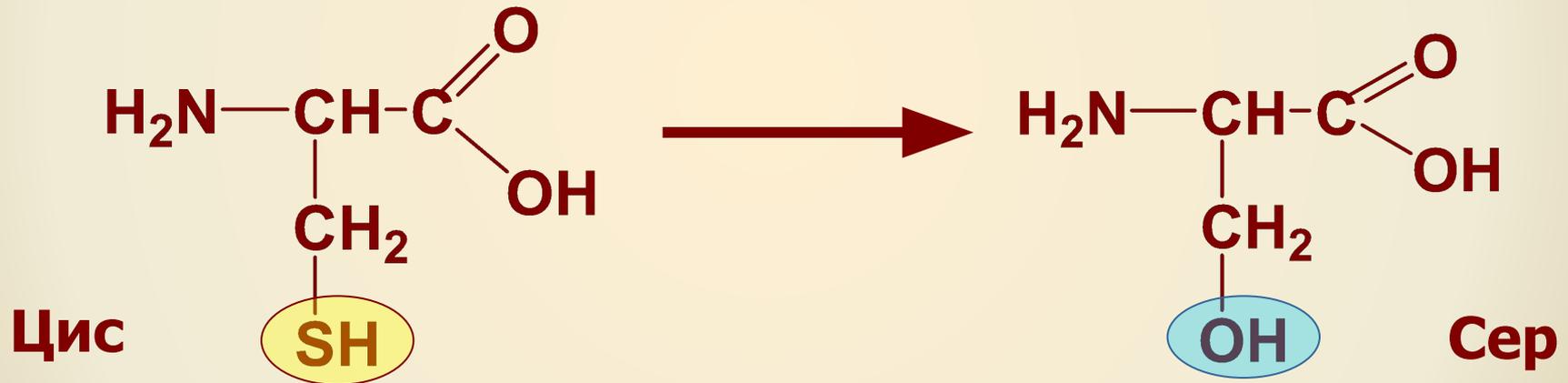
### Гемоглобин S



## Задача 3

В результате мутации в одном из белков бактерии, живущей в гидротермальном источнике при  $t^{\circ} = 90^{\circ}$  С, произошла замена аминокислоты цистеина на серин.

Какие последствия для нее может иметь такое изменение?



**Ответ:** Цистеин участвует в образовании дисульфидных мостиков. Отсутствие мостика при высокой температуре приведет к денатурации белка, что может быть смертельным для бактерии.

**Все белки  
выполняют свои функции  
за счет своей трёхмерной формы –  
конформации**

**Не все участки белковой молекулы  
непосредственно участвуют в ее работе**

# Участки белковой молекулы

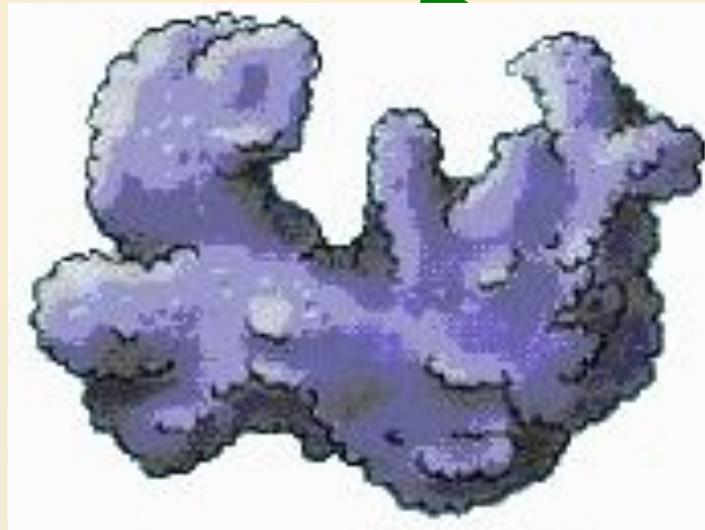
- **Активный центр** – участок белка, непосредственно выполняющий какую-либо функцию

# Активный центр белка

Лиганд

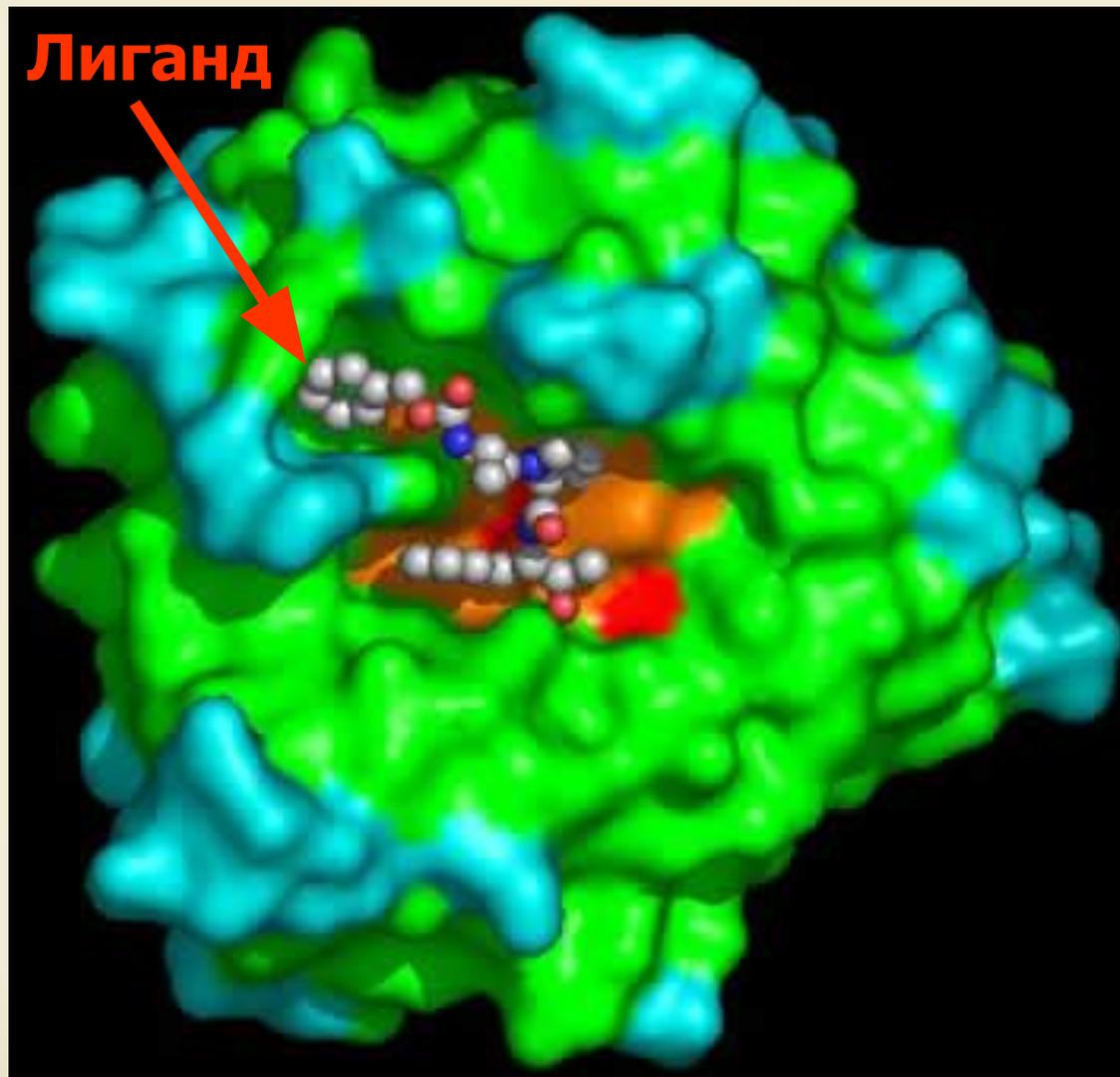
Активный центр

– молекула, связывающаяся с активным центром



«Ключ к замку»

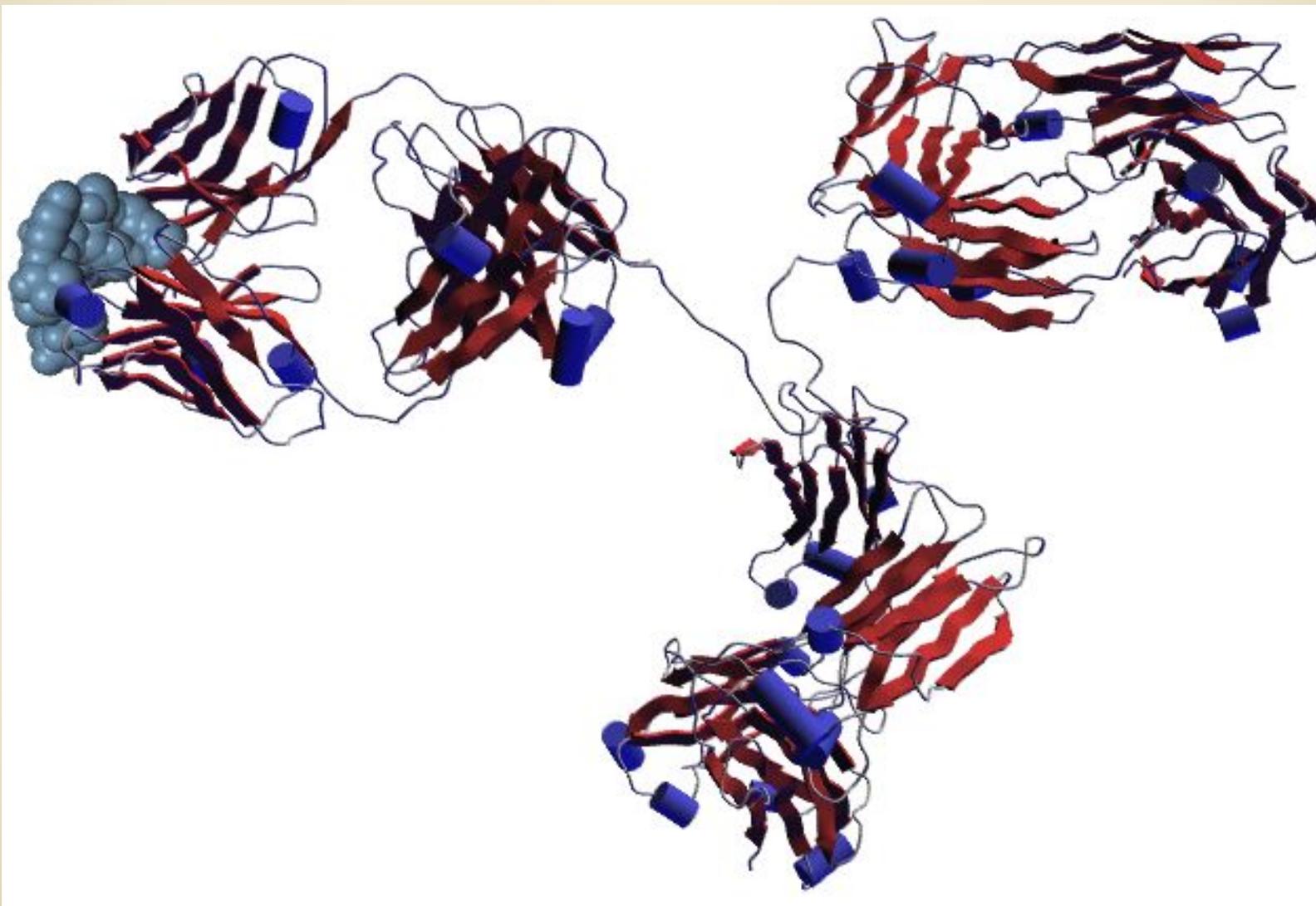
# Активный центр белка



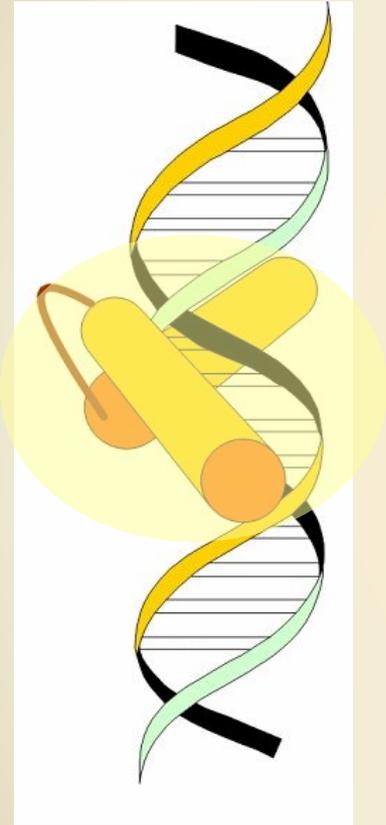
# Участки белковой молекулы

- **Активный центр** – участок белка, непосредственно выполняющий какую-либо функцию
- **Домен** – участок белка, отвечающий за выполнение одной функции и содержащий активный центр

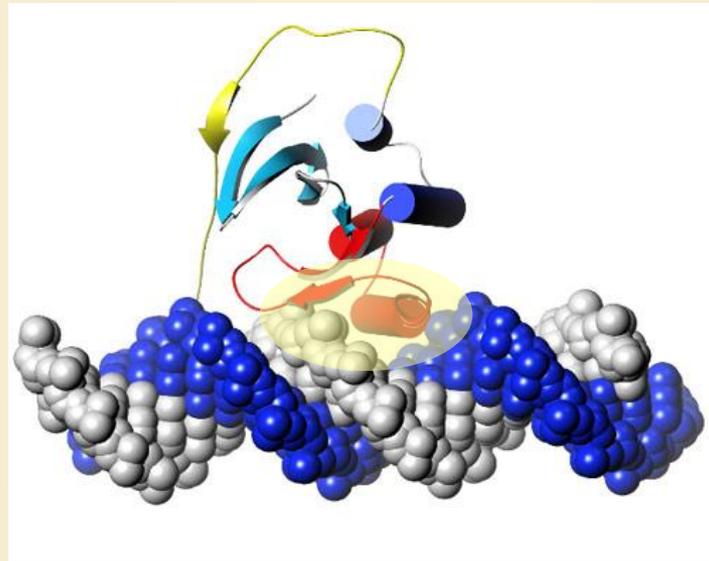
# Домены белка



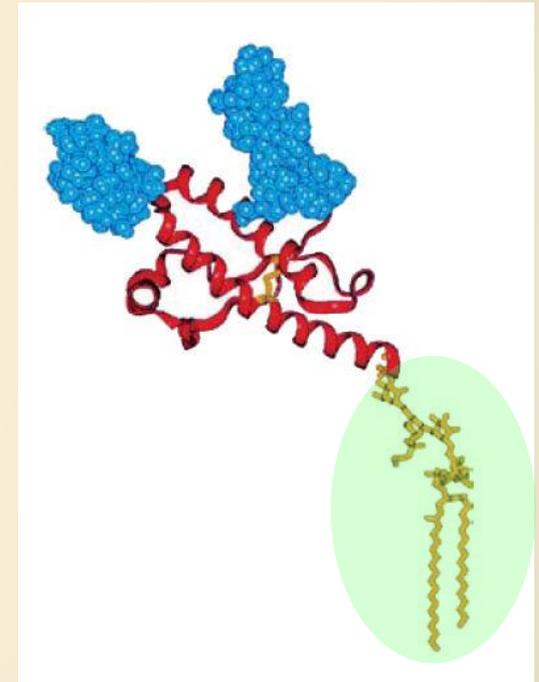
# Домены белка



**ДНК-связывающий  
домен**



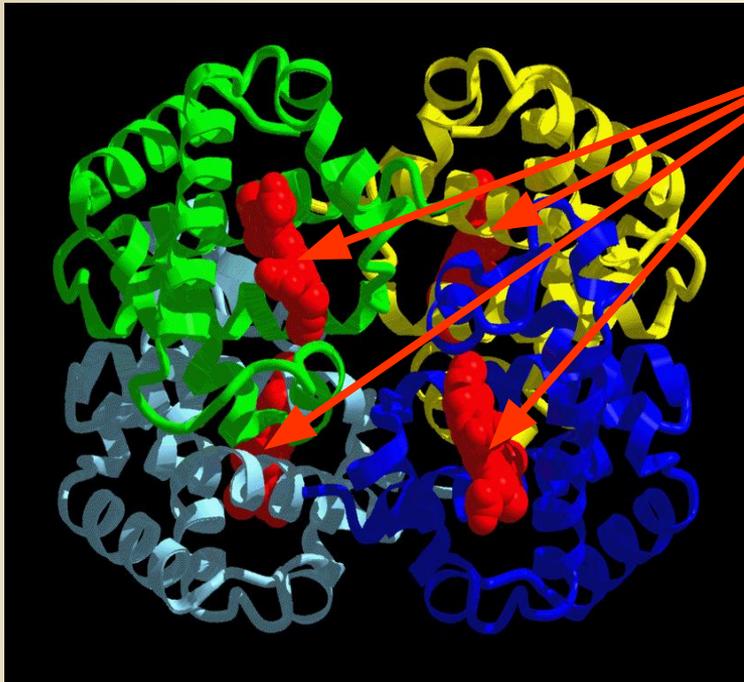
**Внутримембранный  
домен**



# Участки белковой молекулы

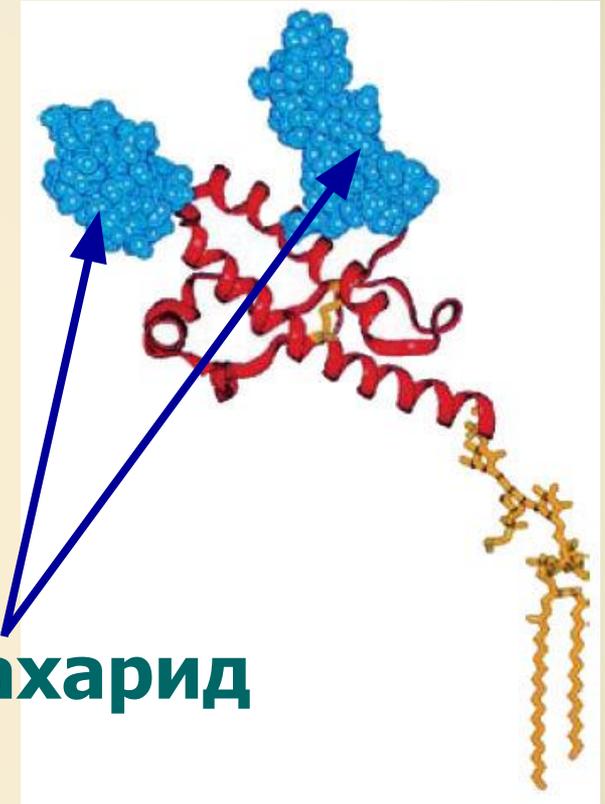
- **Активный центр** – участок белка, непосредственно выполняющий какую-либо функцию
- **Домэн** – участок белка, отвечающий за выполнение одной функции и содержащий активный центр
- **Простетическая группа** – ковалентно присоединенная небелковая часть молекулы

# Простетические группы



гем

Гемоглобин



полисахарид

Прионный белок

## ***Основные понятия:***

**Четыре уровня организации белковой молекулы**

**Глобулярные и фибриллярные белки**

**Нативная конформация**

**Денатурация и ренатурация**

**Активный центр**

**Лиганд**

**Белковый домен**

**Простетическая группа**